

# ANALISIS PENGARUH KETEBALAN SHIM TERHADAP PERUBAHAN TEKANAN PENGABUTAN NOZZLE TIPE SATU LUBANG PADA ISUZU PANTHER C223 TURBO

Amin Nur Akhmadi<sup>1,\*</sup>, M. Taufik Qurohman<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan DIII Teknik Mesin, Politeknik harapan bersama, Jl. Dewi Sartika No.17 Tegal, 52117

\*E-mail : Aminnurakhmadi@gmail.com

Diterima: 30-08-2017

Direvisi: 02-11-2017

Disetujui: 01-12-2017

## ABSTRAK

Perkembangan teknologi saat ini semakin pesat. Sebagai dampak dari pesatnya perkembangan tersebut, akan timbul berbagai macam desain teknologi khususnya dalam bidang mesin otomotif. Oleh karena itu dibutuhkan penelitian-penelitian dan analisa-analisa terhadap variasi ketebalan shim terhadap tekanan injeksi, pengabutan dan jejak pengabutan yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan adalah untuk mengetahui pengaruh ketebalan shim terhadap tekanan, penyetel terhadap penyemprotan solar pada sebuah injektor yang berpengaruh terhadap proses pembakaran motor. pengabutan dan jejak pengabutan yang dihasilkan dan mengetahui ketebalan shim yang digunakan untuk nozel Type Bosch No. DN12SD12T dikumpulkan data-data dengan metode kepustakaan, interview, observasi dan eksperimen. Adapun jenis kendaraan yang kami teliti adalah jenis mobil Diesel dengan menggunakan Nozzle Tipe Satu Lubang dan menggunakan nomer seri nozel Type Bosch No. DN12SD12T. Metode penelitian adalah dengan pengumpulan data dan studi pustaka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan pembukaan yang memenuhi standart untuk nozel Type Bosch No. DN12SD12T adalah untuk 5 kali percobaan adalah Tebal shim 0,05 mm menghasilkan tekanan injeksi sebesar 5 bar, Tebal shim 0,10 mm menghasilkan tekanan injeksi sebesar 10 bar, Tebal shim 0,15 mm menghasilkan tekanan injeksi sebesar 15 bar, Tebal shim 0,20 mm menghasilkan tekanan injeksi sebesar 20 bar, Tebal shim 0,25 mm menghasilkan tekanan injeksi sebesar 25 bar, dari ketebalan shim yang dipilih 0,05 mm sampai dengan 0,25 mm dengan tekanan pengabutan sebesar 25 bar. Semakin tebal shim penyetel yang diberikan maka tekanan pembukaan nozel dan tekanan pengabutannya juga semakin besar. Semakin tebal shim penyetel yang diberikan maka besarnya gaya yang diterima oleh pegas (*spring*) pada nozel juga semakin besar.

**Kata kunci :** Penambahan shim, Injektor, Shim Penyetel, Injektor Tester.

## ABSTRACT

*The development of technology increased rapidly. As a result of the rapid development, there will be a wide variety of technology design, especially in the field of automotive engines. Therefore it needs research and analyzes of the shim thickness variation in the injection pressure, carburetion and carburation trail that produced. Motor vehicle Emission exhaust gas contains harmful pollutant to human and the environment, the pollutant which is produced such as carbon monoxide, hydrocarbons, nitrogen oxides, lead, sulfur and other particulates, for that we need the effort to reduce pollution caused by exhausted emissions through optimal combustion in chamber. This study aims to determine the thickness of the shim to pressure, device for spraying diesel on an injector. It influences motor burning process and trace generated fog and to determine the shim thickness used for nozzle Type Bosch No. DN12SD12T. In this paper the authors collected data using methods of literature, interview, observation and experiment. The type of vehicle in this study is Isuzu Panther C223 Turbo*

*Diesel by using Nozzle Type One Hole and it has nozzle serial number Type Bosch No. DN12SD12T. The result showed that the opening pressure for standart nozzles is Type Bosch No. DN12SD12T for 5 times experiment for the shim thickness of 0.05 mm to produce an injection pressure of 5 bar, shim thickness of 0.10 mm to produce an injection pressure of 10 bar, shim thickness of 0.15 mm to produce an injection pressure of 15 bar, shim thickness 0, 20 mm to produce an injection pressure of 20 bar, shim thickness of 0.25 mm to produce an injection pressure of 25 bar, the shim thickness selected from 0.05 mm to 0.25 mm with carburetion pressure of 25 bar. The thicker the shim setter given the opening pressure nozzles and pressure also getting bigger. The thicker the shim setter, the bigger the force that is received by a spring on the nozzle.*

**Keywords:** *Injectors, Shim Setter, Injector Tester, Shim Thickness*

## PENDAHULUAN

Pengguna kendaraan bermotor kadang merasa kurang dengan performa kendaraanya sehingga melakukan usaha-usaha agar performa kendaraanya meningkat. Salah satu usaha itu adalah dengan memodifikasi bagian mesin kendaraan itu. Kendaraan bermotor akan menurun performa mesinnya jika sudah dipakai dalam waktu yang lama, Mekanisme injection nozzle adalah salah satu bagian terpenting dari motor diesel. Jika salah satu komponen mekanisme injection nozzle ada yang aus maka bisa dipastikan performa motor itu akan turun. Salah satu komponen dari mekanisme injection nozzle adalah pegas injection nozzle, dimana pada kendaraan itu jika sudah dipakai lama pegas injection nozzle-nya akan melemah. Melemahnya pegas injection nozzle berakibat pada penutupan *nozzle needle* yang kurang cepat atau terjadi kelembaman pada nozzle needle yang menyebabkan kerja injection nozzle kurang maksimal. Shim merupakan sebuah benda kecil yang berada diantara pegas dan rumah nozzle sebagai celah tekanan, dalam penelitian ini penambahan *shim* pada pegas injection nozzle berfungsi untuk mengembalikan gaya pegas injection nozzle yang melemah sehingga kelembaman pada pegas injection nozzle dapat dikurangi. Shim pegas injection nozzle yang digunakan ketebalannya harus sesuai dengan kondisi pegas injection nozzle yang diganjil. Karena jika terlalu tipis kemungkinan bisa terjadi detonasi / bahan bakar tertunda waktunya pada ruang bakar. Berdasarkan uraian di atas maka perlu diadakan sebuah penelitian tentang

penambahan shim pegas injection nozzle dengan tebal yang berbeda-beda.

### a. Pengertian Injector

Injector Salah satu komponen utama dalam sistem bahan bakar diesel di antaranya adalah Injector atau pengabut atau Nozle. Injector berfungsi untuk menghantarkan bahan bakar diesel dari *injection pump* ke dalam silinder pada setiap akhir langkah kompresi dimana torak (piston) mendekati posisi TMA. Injector yang dirancang sedemikian rupa merubah tekanan bahan bakar dari *injection pump* yang bertekanan tinggi untuk membentuk kabut yang bertekanan antara 60 sampai 200 kg/cm<sup>2</sup>, tekanan ini mengakibatkan peningkatan suhu pembakaran didalam silinder meningkat menjadi 600°C.

Tekanan udara dalam bentuk kabut melalui Injector ini hanya berlangsung satu kali pada setiap siklusnya yakni pada setiap akhir langkah kompresi saja sehingga setelah sekali penyemprotan dalam kapasitas tertentu dimana kondisi pengabutan yang sempurna maka injector yang dilengkapi dengan jarum yang berfungsi untuk menutup atau membuka saluran injector ini sehingga kelebihan bahan bakar yang tidak mengabut akan dialirkan kembali kebagian lain atau ke tangki bahan bakar sebagai kelebihan aliran (overflow).

### b. Motor Diesel

Motor bakar diesel biasa disebut juga dengan Mesin diesel (atau mesin pemicu kompresi) adalah motor bakar pembakaran dalam yang menggunakan panas kompresi untuk menciptakan penyalaan dan membakar bahan bakar yang telah diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Mesin ini tidak menggunakan busi

seperti mesin bensin atau mesin gas. Mesin ini ditemukan pada tahun 1892 oleh Rudolf Diesel, yang menerima paten pada 23 Februari 1893. Diesel menginginkan sebuah mesin untuk dapat digunakan dengan berbagai macam bahan bakar termasuk debu batu bara. Dia mempertunjukkannya pada Exposition Universelle (Pameran Dunia) tahun 1890 dengan menggunakan minyak kacang. Mesin ini kemudian diperbaiki dan disempurnakan oleh Charles F. Kettering. Mesin diesel memiliki efisiensi termal terbaik dibandingkan dengan mesin pembakaran dalam maupun pembakaran luar lainnya, karena memiliki rasio kompresi yang sangat tinggi. Mesin diesel kecepatan-rendah (seperti pada mesin kapal) dapat memiliki efisiensi termal lebih dari 50%.

#### c. Keistimewaan Mesin Diesel

Mesin S80ME-C7 milik MAN yang bermesin diesel mengkonsumsi 155 gram (5.5 oz) bahan bakar per kWh dan menghasilkan efisiensi sebesar 54.4%, sehingga menjadikannya konversi bahan bakar tertinggi menjadi tenaga untuk mesin pembakaran dalam maupun luar manapun (The efficiency of a combined cycle gas turbine system can exceed 60%). Hal ini berarti mesin diesel lebih efisien daripada mesin bensin untuk keluaran tenaga yang sama, sehingga konsumsi bahan bakar lebih irit. Contoh lainnya adalah Skoda Octavia, di mana mesin bensinnya mengkonsumsi bahan bakar 6.2 L/100 km (46 mpg-imp; 38 mpg-US) untuk tenaga 102 bhp (76 kW) sedangkan mesin dieselnnya hanya mengkonsumsi 4.4 L/100 km (64 mpg-imp; 53 mpg-US) untuk keluaran tenaga 105 bhp (78 kW). Keefisienan mesin diesel disebabkan karena bahan bakar diesel lebih padat dan kandungan energinya lebih banyak 15% berdasarkan volume. Meskipun nilai kalornya sedikit lebih rendah daripada bensin (diesel 45,3 MJ/kg (megajoule per kilogram, bensin 45.8 MJ/kg), namun karena densitasnya lebih tinggi, maka massanya lebih besar.

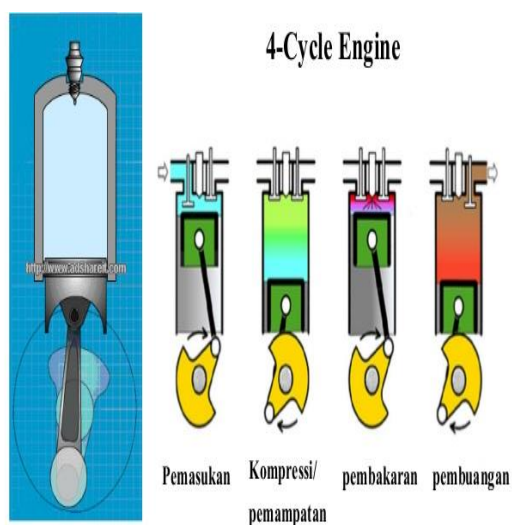
Selain itu, mesin diesel juga lebih irit karena rasio kompresi yang lebih tinggi, terutama pada putaran rendah dan kondisi mesin diam. Tidak seperti mesin bensin, mesin diesel tidak memiliki *butterfly valve/throttle* pada sistem inlet yang menutup pada kondisi mesin diam. Hal ini menimbulkan kerugian dan

menurunkan adanya udara masuk, sehingga efisiensi mesin bensin menurun. Di banyak penggunaan, seperti kapal laut, pertanian, dan kereta, mesin diesel dibiarkan menyala diam berjam-jam. Keuntungan ini banyak digunakan pada lokomotif kereta. Mesin diesel pada bus, truk, dan mobil-mobil baru bermesin diesel dapat mencapai efisien maksimum sekitar 45%, dan sedang ditingkatkan sehingga mencapai 55%. Meskipun begitu, rata-rata efisiensinya tidak selalu sama, tergantung pada kondisi dan penggunaan.

#### d. Prinsip Kerja Motor Diesel

Cara Kerja Mesin Diesel 4 Langkah. Seperti halnya pada motor bensin maka ada motor diesel 4 langkah dan 2 langkah, dalam aplikasinya pada sector otomotif/kendaraan kebanyakan dipakai motor diesel 4 langkah. Pada mesin diesel 4 langkah, katup masuk dan buang digunakan untuk mengontrol proses pemasukan dan pembuangan gas dengan membuka dan menutup saluran masuk dan buang. Perbedaannya, jika pada motor bensin, udara dan bahan bakar masuk bersama sama melalui intake manifold dan katup hisap, sementara di mesin diesel, hanya udara (gas) saja yang masuk ke ruang bakar melalui saluran masuk dan katup hisap. Perbedaan yang kedua, jika pada mesin bensin pembakaran diperoleh dari nyala bunga api pada busi, pada mesin diesel tidak demikian, melainkan dengan panas yang dihasilkan pada saat langkah kompresi udara, kemudian baru injector nozzle menyemprotkan bahan bakar yang sudah diatomisasikan (dikabutkan) sehingga mudah terjadi pembakaran.

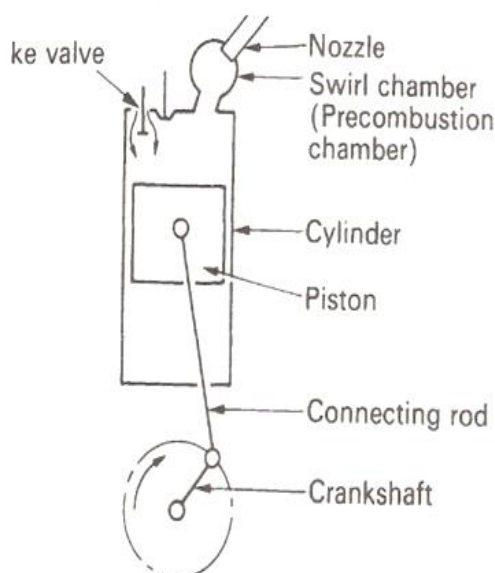
Pada mesin diesel, bahan bakar diinjeksikan oleh injector nozzle ke dalam silinder yang di dalamnya telah tersedia udara panas yang diakibatkan oleh langkah kompresi. Hal tersebut mengakibatkan bahan bakar terbakar dan terjadilah pembakaran yang menghasilkan langkah usaha. Udara yang masuk ke dalam silinder tidak diatur seperti halnya pada mesin bensin. Masuknya udara hanya berdasarkan isapan dari piston. Jadi, pada mesin diesel, output mesin diatur atau ditentukan oleh banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan. Untuk menentukan besarnya output mesin diesel tergantung dari dua hal, yaitu (1) Besarnya tekanan kompresi dan (2) Jumlah dan saat penginjeksian bahan bakar yang tepat.



Gambar 1. Prinsip Kerja Motor Diesel

#### a. Langkah hisap

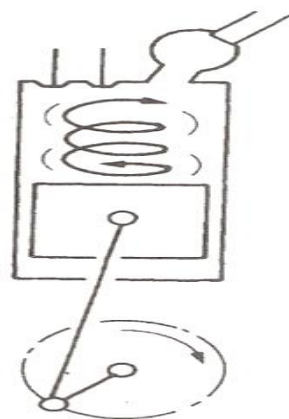
Pada langkah hisap, udara dimasukkan ke dalam silinder. Piston membentuk kevakuman di dalam silinder seperti pada mesin bensin, piston bergerak ke bawah dari titik mati atas ke titik mati bawah. Terjadinya vakum ini menyebabkan katup hisap terbuka dan memungkinkan udara segar masuk ke dalam silinder. Katup buang tertutup selama langkah hisap.



Gambar 2. LangkahHisap

#### b. Langkah kompresi

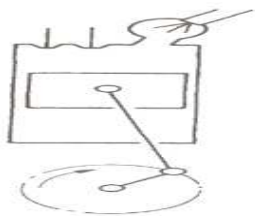
Pada langkah kompresi, piston bergerak dari titik mati bawah menuju titik mati atas. Pada saat ini kedua katup tertutup. Udara yang dihisap selama langkah hisap ditekan sampai tekanannya naik sekitar  $30 \text{ kg/cm}^2$  (427 psi, 2,942 kpa) dengan temperature sekitar  $500\text{--}800^\circ\text{C}$  ( $932\text{--}1472^\circ\text{F}$ ).



Gambar 3. Langkah Kompresi

#### c. Langkah pembakaran

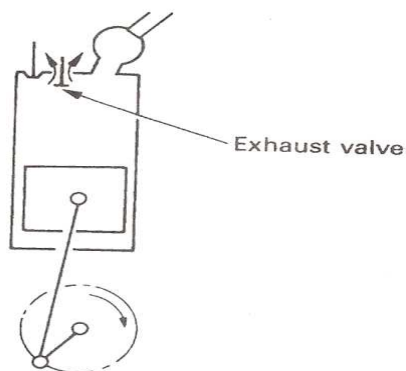
Udara yang terdapat di dalam silinder didorong ke ruang bakar pendahuluan (precombustion chamber) yang terdapat pada bagian atas masing-masing ruang bakar. Pada akhir langkah pembakaran, ignition nozzle terbuka dan menyemprotkan kabut bahan bakar ke dalam ruang bakar pendahuluan dan campuran udara bahan bakar selanjutnya terbakar oleh panas yang dibangkitkan oleh tekanan. Panas an tekanan keduanya naik secara mendadak dan bahan bakar yang tersisa pada ruang bakar pendahuluan ditekan ke ruang bakar utama di atas piston. Kejadian ini menyebabkan bahan bakar terurai menjadi partikel-partikel kecil dan bercampur dengan udara pada ruang bakar utama (main combustion) dan terbakar dengan cepat. Energi pembakaran mengekspansikan gas dengan sangat cepat dan piston terdorong ke bawah. Gaya yang mendorong piston ke bawah diteruskan ke batang piston dan poros engkol dan diubah menjadi gerak putar untuk memberi tenaga pada mesin.



Gambar 4. Langkah Pembakaran

#### d. Langkah Buang

Pada saat piston menuju titik mati bawah, katup buang terbuka dan gas pembakaran dikeluarkan melalui katup buang pada saat piston bergerak ke atas lagi. Gas akan terbuang habis pada saat piston mencapai titik mati atas, dan setelah itu proses dimulai lagi dengan langkah hisap. Selama mesin menyelesaikan empat langkah (hisap, kompresi, pembakaran dan buang), poros engkol berputar dua kali dan menghasilkan satu tenaga. Ini disebut siklus diesel.



Gambar 5. Langkah Buang

Tabel 1. Perbandingan mesin diesel dengan Mesin Bensin

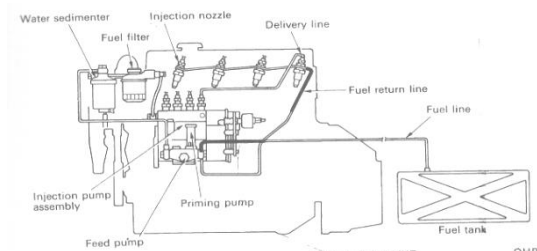
Mesin item	Mesin Bensin	Mesin Diesel
Langkah Hisap	Campuran udara bahan	Hanya udara yang dihisap masuk

	bakar dihisap kedalam	
Langkah Kompresi	Piston mengkompresikan campuran udara bahan bakar	Piston mengkompresikan udara untuk menaikkan tekanan dan temperatur
Langkah Pembakaran	Busi menyalakan campuran yang bertekanan	Bahan bakar disemprotkan ke dalam udara yang bertemperatur dan bertekanan tinggi dan terbakar oleh panas dari udara yang ditekan
Langkah Buang	Piston mendorong gas buang keluar dari silinder	Piston mendorong gas buang keluar dari silinder
Pengaturan Output tenaga	Diatur oleh banyaknya campuran udara bahan bakar yang dimasukkan	Diatur oleh banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan (banyaknya udara yang dimasukkan diatur)



### e. Sistem Bahan Bakar

Pada system bahan bakar mesindiesel, feedpump, menghisap bahan bakar dari tangki bahan bakar.



Gambar 6. Aliran Bahan Bakar Tipe In-Line

Bahan bakar disaring oleh fuel filter dan kandungan air yang terdapat pada bahan bakar dipisahkan oleh fuel sedimenter sebelum dialirkan ke pompa injeksi bahan bakar.

### Masalah

permasalahan utama yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah maka perlu diberikan batasan masalah sebagai berikut Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, membatasi masalah pada pengaruh penambahan ketebalan shim (0,05mm , 0,10mm 0,15mm, 0,20mm, 0,25mm pada nozel satu lubang pada Isuzu Panther C223 Turbo Diesel terhadap besar perubahan tekanan yang dihasilkan.

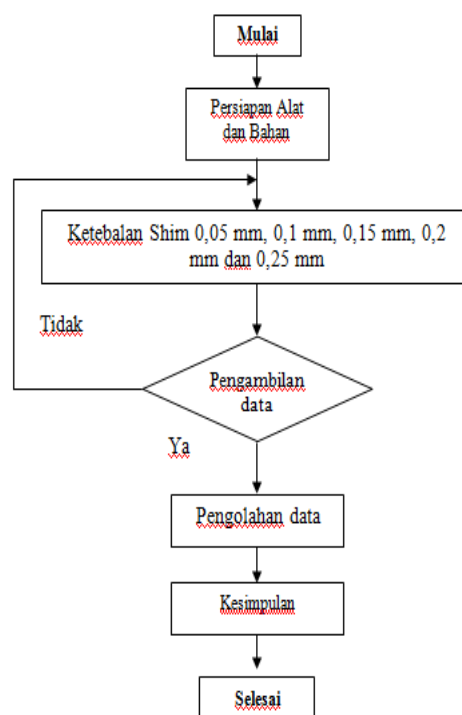
### Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui tekanan injeksi, pengabutan dan jejak pengabutan dari ketebalan shim 0,05 mm, 0,10 mm, 0,15 mm, 0,20 mm, 0,25 mm. Dari penelitian ini diharapkan akan memberikan manfaat yang bisa diambil dari hasil analisa ini diantaranya : Memberikan informasi tentang perubahan tekanan, pengabutan dan jejak pengabutan pada nozzle setiap penambahan ketebalan shim 0,05 mm.

### METODE PENELITIAN

Untuk melakukan penelitian maka dibuatkan sebuah alur penelitian yang

merupakan alur penelitian yang akan dilakukan untuk mendapatkan data.



Gambar 7. Diagram Alur Penelitian

### 1. Variabel dan Data Penelitian

#### a Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variable yang mempengaruhi variabel terikat. Dalam penelitian ini sebagai variabel bebasnya adalah tebal shim 0,05 mm, 0,10 mm, 0,15 mm, 0,20 mm dan 0,25 mm

#### b Variabel Terikat

Sedangkan variable terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Dalam penelitian ini sebagai variabel bebasnya adalah nozzle.

### 2. Data Penelitian

#### 1. Material yang digunakan

Pada penelitian ini material yang digunakan dengan ketebalan shim 0,05 mm, 0,10 mm, 0,15 mm, 0,20 mm dan 0,25 mm.

#### 2. Shim

Shim merupakan suatu logam yang berbentuk lembaran pelat tipis.

### 3. Desain Eksperimen

Tabel 2. Desain Eksperimen

Benda kerja	Tebal shim	Dia meter shim	Jarak dari penyemprotan nozzle ke jejak pengabutan
Benda kerja 1	0,00 mm	0 mm	800 mm
Benda kerja 2	0,05 mm	10 mm	800 mm
Benda kerja 3	0,10 mm	10 mm	800 mm
Benda kerja 4	0,15 mm	10 mm	800 mm
Benda kerja 5	0,20 mm	10 mm	800 mm
Benda kerja 6	0,25 mm	10 mm	800 mm

Untuk mengetahui tekanan, pengabutan, jejak pengabutan dan pengaruh tebal shim 0,05 mm, 0,10 mm, 0,15 mm, 0,20 mm dan 0,25 mm terhadap tekanan, pengabutan dan jejak pengabutan, langkah pertama dilakukan adalah menentukan terlebih dahulu desain eksperimenya. Agar hasil dan data yang didapat melalui percobaan berguna untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi.

#### 3. Teknik Pelaksanaan

Menyiapkan material yang ditentukan yaitu shim tebal shim 0,05 mm, 0,10 mm, 0,15 mm, 0,20 mm dan 0,25 mm.

1. Memotong shim dengan diameter yang ditentukan yaitu 10 mm.
2. Menyiapkan setting injection nozzle tester.
3. Pompakan handle tester beberapa kali dengan tujuan untuk menyemprotkan solar

dari nozzle fitting dan kemudian keraskan fitting.

4. Pasang nozzle injeksi pada tester nozzle injeksi dan keluarkan udara dari mur union.
5. Pompakan handle tester beberapa kali secepat mungkin untuk membersihkan carbon dari lubang injeksi.
6. Pompakan handle tester perlahan-lahan
7. sambil mengamati pressure gauge.
8. Baca pressure gauge saat tekanan injeksi mulai turun.
9. Mengklasifikasi tiap tekanan, pengabutan dan jejak pengabutan, yang telah dihasilkan dengan memperhatikan tekanan, pengabutan dan jejak pengabutan tersebut.
10. Melakukan pengambilan gambar pada tekanan, pengabutan dan jejak pengabutan yang dihasilkan.
11. Melakukan pengolahan data.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian Pengaruh Ketebalan Shim Terhadap Perubahan Tekanan Pengabutan Nozzle Tipe Tipe Satu Lubang Pada Mobil Diesel, maka dibawah ini adalah hasil analisis yang terjadi berdasarkan ketebalan shim 0,05 mm, 0,10 mm, 0,15 mm, 0,20 mm dan 0,25 mm

##### Percobaan I

Tanpa menggunakan shim

Jarak jejak pengabutan = 800 mm



Gambar 8. Tekanan injeksi Percobaan 1



Gambar 9. Tekanan InjeksiPercobaan 2



Gambar 12. Tekanan InjeksiPercobaan 5



Gambar 10. Tekanan InjeksiPercobaan 3



Gambar 13. Tekanan InjeksiPercobaan 6



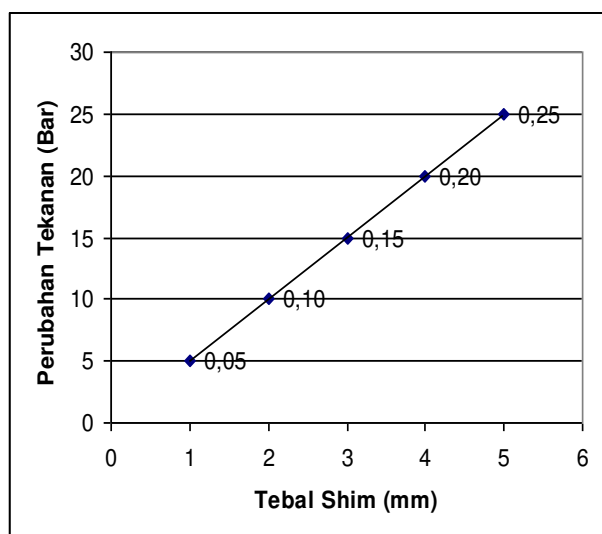
Gambar 11. Tekanan InjeksiPercobaan 4



Gambar 14. Proses Pengabutan



Dari Gambar 8 pada percobaan 1, dapat diketahui bahwa dengan menambahkan ketebalan shim 0,25 mm tekanan injeksi pressure gauganya (jarum penunjuk tekanan injeksi) menunjukkan nilai tekanan injeksi sebesar 135 bar, maka ada perubahan tekanan pada pressure gauge yang sebelumnya tekanannya 130 bar dan setelah di beri shim dengan tebal 0,25 mm tekanannya berubah menjadi 135 bar. Pada pengabutan dan jejak pengabutan ternyata bentuk pengabutan mengalami penyemprotan yang sangat halus yang diakibatkan pegas penekan nozzle needle mengalami penambahan penekanan yang besar sehingga pengabutan menjadi kabut yang semakin tipis dan pengabutan mudah hilang, pengabutan seperti ini tidak diharapkan oleh pengguna motor diesel dikarenakan penginjeksian terlalu tinggi. Dengan – penginjeksian terlalu tinggi maka yang terjadi detonasi (bahan bakar terbakar sebelum waktunya).



Gambar 14. Grafik Hubungan antara Tebal Shim dan Perubahan Tekanan

Dari Gambar 14, maka dapat diketahui bahwa dengan menambahkan tebal shim 0,05 akan menghasilkan tekanan injeksi sebesar 5 bar dan pada tebal shim 0,10 sampai tebal shim 0,25 mm tekanan injeksinya meningkat sebesar 10, 15, 20, dan 25 bar. Dengan demikian maka semakin besar tebal shim yang ditambahkan semakin meningkat pula tekanan injeksinya. Semakin tebal shim penyetel yang diberikan

maka tekanan pembukaan nozel dan tekanan pengabutannya juga semakin besar. Semakin tebal shim penyetel yang diberikan maka besarnya gaya yang diterima oleh pegas (spring) pada nozel juga semakin besar.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data diatas, penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Ada pengaruh ketebalan shim yang bervariasi terhadap tekanan injeksi yang dihasilkan pada tebal shim :
  - a. Tebal shim 0,05 mm menghasilkan tekan injeksi sebesar 5 bar
  - b. 2.Tebal shim 0,10 mm menghasilkan tekan injeksi sebesar 10 bar
  - c. Tebal shim 0,15 mm menghasilkan tekan injeksi sebesar 15 bar
  - d. Tebal shim 0,20 mm menghasilkan tekan injeksi sebesar 20 bar
  - e. Tebal shim 0,25 mm menghasilkan tekan injeksi sebesar 25 bar
2. Semakin tebal shim semakin besar pula tekanan injeksi.
3. Besar perubahan tekanan setiap penambahan ketebalan 0,05 mm adalah 5 bar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yuwono, Akhmad Herman. 2009. *Karakterisasi Material*, Bahan Ajar, Universitas Diponegoro
- [2] Daryanto . 2004 . *Motor diesel Pada Mobil* . Yrama Widya : Bandung
- [3] Daihatsu Service Training. *Training Manual*. PT. Astra Daihatsu Motor
- [4] Mulyadi. 2000. *Perbaikan Motor Otomotif*. Armico : Bandung
- [5] Mitsubishi Service Training. *Workshop Manual Colt L300 '84*. PT. Mitsubishi Motors
- [6] Priyanto . 2007 . *Analisa Gangguan Sistem Injeksi Bahan Bakar Mesin Diesel Hyundai FE 120 PS Dan Cara Mengatasinya* . Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang ; Semarang.

- [7] Susanto. 2010. *Teknik Praktis Mobil Diesel*. Karya : Surabaya.
- [8] Ismanto . 1999 . *Memperbaiki Kerusakan Pada Sistem Bahan Bakar Diesel* . Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi : Malang.
- [9] Toyota Service Training. *New Step 1 Training Manual*. PT. Toyota Astra Motor
- [10] Toyota. *Pedoman Reparasi Mesin 2L, 3L*. PT. Toyota Astra Motor